

**Medición del riesgo de crédito de las entidades del sector financiero Colombiano:
Una aproximación mediante el modelo panel data binario**

Marcela Aristizábal Monsalve

Jose Perea Arango

Asesor:

Andrés Ramírez Hassan

Universidad EAFIT

Medellín, Colombia

2012

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	4
OBJETIVOS	9
HIPÓTESIS	9
METODOLOGÍA	14
DATOS	18
CONCLUSIONES	35
BIBLIOGRAFÍA.....	37

Resumen

La reciente evidencia empírica ha demostrado la importancia de contar con herramientas de medición que reflejen de buena forma el estado financiero en el que se encuentra una compañía. De allí la creciente importancia de los modelos de riesgo de crédito, como el que se ilustra en el presente artículo. El modelo utiliza la metodología de panel de datos no lineal, específicamente modelos binomiales, para la obtención de los resultados, a partir de las componentes principales que se obtienen de un conjunto de variables financieras (contables). El periodo de análisis es entre 2007 y 2011, contando con datos de 45 entidades financieras. La principal conclusión del trabajo es el estrecho margen que evidencia la banca colombiana, en un contexto financiero y macroeconómico en el que la cautela es importante.

Palabras Clave: Panel de datos no lineal, Modelo Logit, Componentes Principales, Riesgo de Crédito.

Abstract

The recently empirical evidence has shown the importance of measurement tools to explain the Companies' financial situation. Hence, the increasing importance of credit risk models, as illustrated in this paper. These models apply the nonlinear panel data methodology, specifically binomial models, to find the probability of default, using principal component analysis, which are got from a set of financial variables (accountant variables).. The analyzed period is between 2007 and 2011, with information from 45 financial institutions. The main conclusion is the narrow margin that evidences the financial sector in Colombia, in an environment where caution is important.

Keywords: Nonlinear panel models, Logit Model, Principal Components Analysis, Credit Risk.

INTRODUCCIÓN

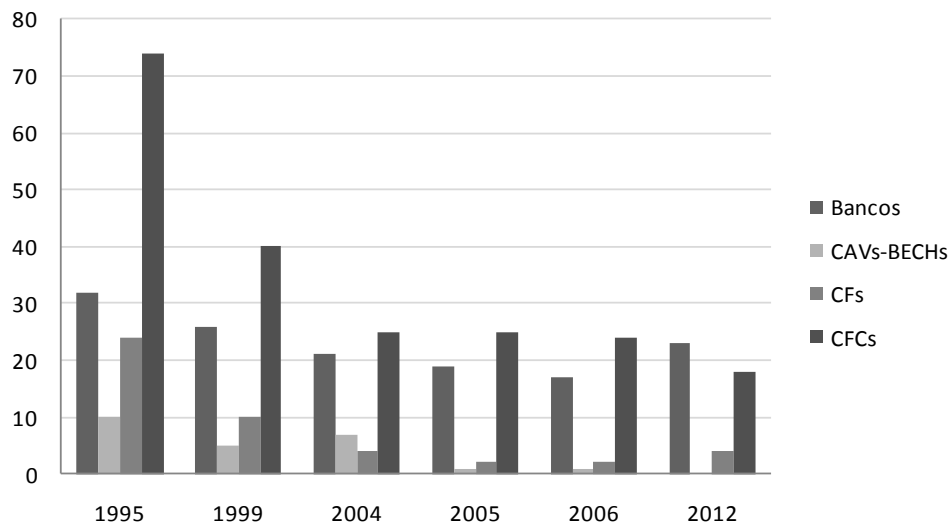
La evolución de las entidades que componen el sistema financiero colombiano se ha basado a través de los años, principalmente en el fomento de ciertos sectores económicos. Según Sarmiento y Cristancho (2009), en los cincuenta se buscó apoyar el sector agropecuario y comercial, luego el Industrial, a mediados de los setenta el sector construcción y a finales de los setenta el sector de comercialización de bienes y servicios.

Paralelo con el cambio dado en la Constitución de 1991, se comienzan a dar transformaciones en la regulación del sector financiero, en busca de fomentar un sector más competitivo y abierto, es así que se redujeron las restricciones a la inversión de capital extranjero en aras de alcanzar mayor eficiencia para el sector. No obstante, producto de la crisis de 1998, se aumentaron los niveles de control y se introdujo el impuesto a las transacciones financieras, en busca de ayudar a las entidades en problemas.

La constitución de 1991 dio paso a un sistema financiero más liberalizado. Según Sarmiento y Cristancho (2009), la transición a la multibanca y la asignación de recursos de ahorro, corresponde a la forma en que el desarrollo del sistema financiero afecta el crecimiento económico, sin embargo, el direccionamiento sin control al sector vivienda influyó notablemente en la crisis bancaria que se presentó en 1998 y en el paso al Sistema Unidad de Valor Real – UVR, lo cual demuestra, como una medida para promover el sector puede hacerlo más vulnerable. Producto de la crisis de 1998-1999, el Gobierno tuvo que intervenir en varias entidades financieras, y de este modo, mantener la confianza en el sistema. Algunas de las entidades intervenidas en la época fueron: Banco Central Hipotecario y Banco del Estado, pertenecientes al sector público, mientras que pertenecientes al sector privado, Bancoop, Banco Selfin y Granahorrar. Igualmente, se liquidaron algunas extranjeras como el Banco Andino y el Banco Pacífico.

A continuación se muestra la evolución que ha presentado el sistema financiero colombiano desde 1995, donde se evidencia la disminución en el número de entidades. El gráfico contiene el total de entidades del sector financiero en Colombia, durante los periodos analizados.

Gráfico 1. Evolución Sistema Financiero Colombiano



* El término CAVs corresponde a Corporaciones de Ahorro y Vivienda y BECHs a Bancos Especializados en Cartera Hipotecaria.

Fuente: Superfinanciera

El periodo 2000-2007 en Colombia, fue de recuperación económica y de tendencia a realizar fusiones y adquisiciones, igual a lo sucedido entre los años 2009-2012, donde se han dado importantes fusiones y adquisiciones como la de Scotia Bank por parte de Colpatría, la Adquisición de HSBC Centroamérica por parte de Davivienda y la compra de Santander Colombia por parte de Corpbanca. Estos hechos tienen como objetivo principal la búsqueda de diversificación de productos, servicios y entrada a nuevos mercados.

Las crisis económicas y financieras han sido un gran detonante del riesgo de crédito de los países, especialmente de las entidades financieras que lo conforman. Un ejemplo de esto es la crisis hipotecaria vivida en Estados Unidos durante 2008 - 2009, la cual fue originada principalmente por una gran burbuja inmobiliaria, desatando graves consecuencias como la quiebra de Lehman Brothers y la necesidad de grandes rescates financieros por parte del Gobierno, además de grandes impactos en otras economías como la de la Zona Euro, donde Grecia y España se han visto gravemente afectadas.

Las preocupaciones en la Zona Euro comenzaron luego de la crisis de Estados Unidos, cuando se creó el Fondo de Estabilidad Financiera (FEEF). En busca de restaurar la confianza en la Zona, los líderes acordaron crear el Pacto Fiscal Europeo incluyendo el

compromiso de cada país en introducir una regla de oro presupuestaria en sus constituciones, según lo manifestó Pidd (2011).

La deuda soberana en la zona aumentó sustancialmente luego de la crisis de 2008-2009, lo que condujo a una sensación de que la Eurozona se quebrara. Los países más afectados han sido Grecia, Irlanda y Portugal, los cuales suman el 6% del PIB de toda la zona. En junio de 2012, España entró a convertirse en un foco de preocupación, cuando el aumento del tipo de interés ocasionó la necesidad de un rescate.

Producto de las crisis, las entidades financieras resultan ser las más implicadas. Un ejemplo actual de esto es la situación bancaria en España, donde muchos de los Bancos y Corporaciones de este país están necesitando grandes inyecciones de capital para poder sobrevivir. Estos eventos también sucedieron en Estados Unidos durante la crisis de 2008 y 2009 y en Colombia durante la crisis de 1998 y 1999.

Debido a la importancia del sector financiero en la economía, como motor y aparato circulatorio de la misma, de los problemas actuales que han vivido los países a causa de las crisis financieras internacionales y los problemas internos de liquidez (caso comisionista Interbolsa durante el 2012) y capital del sector bancario; además de la necesidad de entender el comportamiento de estas entidades y conocer mediante su estructura fundamental la probabilidad que entren en “problemas”, entendiéndose como problemas el riesgo relativo de *default*, se han desarrollado estudios como el de Beaver (1966) y Altman (1968, 1975) que consisten en discriminar la variable independiente en grupos predeterminados, Black y Scholes (1973), Merton (1974), Jarrow y Trunbull (1995) y Madan y Unal (1998), quienes asumen que el impago se encuentra determinado por un proceso intensivo exógeno, que puede o no, estar relacionado con el valor de los activos vinculados en el análisis de la estructura de capital (teoría de valoración de opciones). Sin embargo, ninguno de estos estudios enfatiza en el papel que juega la solvencia como determinante del proceso.

Aunque no se encuentre literatura que considere la solvencia (capacidad de los componentes del capital para absorber pérdidas) como variable determinante de que una entidad financiera entre en “problemas”, existen razones prácticas y legales para considerar que este indicador juega un papel fundamental dentro de las instituciones del

sector financiero. En Colombia, el Decreto 2555 del 15 de julio de 2010, el cual recoge las normas en materia del sector financiero, asegurador y del mercado de valores, por medio de Artículo 2.1.1.1.2 (Artículo 2 del Decreto 1720 de 2001), reglamenta el nivel de relación de solvencia mínimo de los establecimientos de crédito (9%), con el fin de proteger la confianza del público en el sistema y asegurar su desarrollo en condiciones de seguridad y competitividad, determinando la variable cómo indicador de control. Este Decreto fue modificado con el 1771 de agosto de 2012, mediante el cual se busca fortalecer los establecimientos de crédito y cercarse a los estándares internacionales como Basilea.

Por otro lado, el acuerdo de Basilea; pacto normativo internacional para reforzar y regular la estabilidad del sector financiero, el cual nació en 1998 y ha sufrido varias modificaciones hasta llegar a Basilea III, busca aumentar los requerimientos de capital en cantidad y calidad (solvencia), siendo más exigente con el endeudamiento bancario, imponiendo mayores requisitos de liquidez y promoviendo mayores medidas preventivas de catástrofes financieras como la ocasionada por Lehman Brothersy. Con estas mayores exigencias se persigue que las entidades del sector financiero dispongan de recursos propios suficientes para afrontar futuras crisis económicas, sin necesidad de cuantiosos rescates públicos.

Considerando lo anterior y teniendo en cuenta la importancia del capital en la sostenibilidad del sistema financiero de un país, Colombia está en busca de acercarse regulatoriamente a Basilea III, por medio de la nueva regulación de capital que espera comience a regir en su totalidad en agosto de 2013. Esta nueva regulación mantendrá el capital mínimo de 9% y crea una nueva medida, la relación de solvencia básica, la cual debe ser de mínimo 4.5%. Con la entrada de esta nueva ley se esperan mejoras en el capital, generando mayor solidez en el sector, ya que excluye intangibles / *good will*, además de la deuda subordinada del cálculo de solvencia

La solvencia se puede definir como la capacidad financiera (capacidad de pago) que tiene una empresa para cumplir sus obligaciones y los recursos con los que esta cuenta para hacerle frente a la deuda.

En la práctica, luego de revisar las metodologías que utilizan las calificadoras de riesgo como Fitch, Standar & Poors y Moody's, para el análisis de riesgo de crédito de las entidades del sector financiero, y luego de implementarlas teniendo en cuenta algunos

indicadores financieros, la evidencia empírica demuestra que la solvencia es un indicador fundamental en el análisis de las compañías del sector, ya que abarca componentes esenciales como el Patrimonio y el riesgo. Gómez y Kiefer (2006) en su estudio, establecen el componente de capitalización como variable dependiente, puesto que bajo la regulación de capital, este indicador se considera de suma importancia en épocas de crisis financiera, basado en estudios como el de Peek y Rosengren (1995) y Estrella et. Al. (2000).

Debido a las justificaciones mencionadas, existe evidencia suficiente que permite determinar que la solvencia es un indicador adecuado para establecer si una compañía es susceptible de entrar en “problemas”, siendo este indicador el que determinará la variable dependiente para este estudio.

Este trabajo busca responder ¿Cuál es la probabilidad de que una entidad del sector bancario colombiano, dados unos indicadores financieros en un periodo de tiempo de cinco años, entre en “problemas”?

Este trabajo está dividido en cuatro secciones. En la primera se presenta el marco teórico que contiene una revisión del estado del arte, en la segunda parte se hace referencia de las metodologías que se utilizarán en éste, en la tercera se muestra el análisis de los datos utilizados para el modelo, en la cuarta se presentan los resultados obtenidos, y finalmente se exponen las conclusiones del análisis y el anexo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la probabilidad que una entidad del sistema bancario colombiano, dados sus indicadores financieros en el periodo 2007 a 2011, entre en “problemas” utilizando como variable clave el “margen de solvencia”.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Identificar los principales indicadores financieros a tener en cuenta, para el análisis de la probabilidad de entrar en “problemas”.

Evaluar el posible impacto de cada indicador o grupo de indicadores sobre la probabilidad de que una entidad bancaria entre en “problemas”.

HIPÓTESIS

¿La probabilidad de que una entidad del sector financiero colombiano entre en “problemas” (“Crisis: probabilidad de impago”) depende principalmente de los adecuados niveles de capital de las compañías y su liquidez?

ESTADO DEL ARTE

De acuerdo con Benos y Papanastasopoulos (2005), se distinguen en la literatura tres grandes vertientes en la modelación del riesgo de crédito (*Credit Risk*) o riesgo de impago (*Default Risk*). El análisis fundamental, el enfoque estructural y la forma reducida, o enfoque basado en la intensidad.

Los modelos que adoptan el análisis fundamental se concentran en los factores que son importantes para evaluar el riesgo crediticio de una firma. Este análisis intenta definir si factores como el adecuado flujo de efectivo, la calidad de los activos, el desempeño de los rendimientos, el adecuado nivel de capital, entre otros, son importantes en la explicación del riesgo de crédito de una compañía. En algunos casos el resultado puede ser interpretado como una probabilidad de impago, en otros casos puede ser usado como un sistema de clasificación.

El enfoque estructural se concentra en la evolución de las variables estructurales de la empresa. En estos modelos se considera a los pasivos de la empresa (deuda) como créditos contingentes del patrimonio de las mismas, lo que se relaciona con la incapacidad de una firma de pagar sus deudas. De esta forma se produce el impago o bancarrota, lo cual puede estar determinado por razones económicas, como el ciclo de los negocios. El principal hallazgo conceptual para la modelación de riesgos de impago en los modelos estructurales, es que el impago se produce si el valor de los activos de la empresa es menos de lo que la empresa debe a sus deudores. Por el contrario, otro tipo de modelos estructurales definen la bancarrota como el primer momento en que el valor de los activos de la empresa es inferior al valor nominal de sus pasivos.

En contraste, el enfoque basado en la intensidad asume que el tiempo de impago está determinado por un proceso estocástico exógeno y que el impago no está explícitamente relacionado con las características observadas de la firma analizada. Los parámetros de la tasa de riesgo se infieren a partir de datos del mercado, y es en general, el más utilizado en la literatura.

El análisis fundamental tiene su origen en los trabajos de Beaver (1966) y Altman (1968, 1975). El primero de ellos, introdujo el enfoque univariado de análisis discriminante en la predicción de la quiebra. Por su parte, Altman extendió los estudios a un enfoque multivariado y desarrollo el modelo "Z-score". El análisis discriminante se basa en la

combinación de dos o más variables independientes que son discriminadas entre grupos predefinidos, que en este caso serán las empresas que están en riesgo de bancarrota, de las que no están en riesgo de bancarrota.

Los modelos estructurales nacieron de la idea de Black y Scholes (1973) y Merton (1974), quienes vincularon el análisis de la estructura de capital a la teoría de valoración de opciones. El modelo de Merton (1974) asume que el impago ocurre en la fecha de maduración de la deuda, si el valor de los activos es inferior que el nivel de deuda. Por su parte, el modelo de Black y Cox (1976) extiende el modelo de Merton (1974), de tal forma que el impago puede ocurrir tan pronto como el valor de los activos alcance una barrera de deuda especificada. Desarrollos más recientes se le atribuyen a Bielecki y Rutkowski (2002).

El enfoque reducido, propuesto independientemente por Jarrow y Trunbull (1995) y Madan y Unal (1998), asume que el impago se encuentra determinado por un proceso intensivo exógeno, que puede o no, estar relacionado con el valor de los activos. El impago es tratado como un evento inesperado. Esta es una característica atractiva ya que en el mundo real el impago es un acontecimiento súbito. El enfoque intensivo también incluye los modelos de duración.

Modelos de Análisis Fundamental

Luego de la publicación de los estudios de Beaver (1968) y Altman (1968), se comenzó a extender la utilización de dichas metodologías. Algunos estudios que concentraron su atención en el tema fueron el de Sinkey (1975), Martin (1977) y el mismo Altman (1977), todos ellos utilizando el análisis discriminante. Sin embargo, según Porath (2004), la metodología tiene el inconveniente de asumir que el proceso generador de los regresores es normal, característica que no concuerda con la generación de las razones financieras. Esta característica impulsó la utilización de métodos como el de Máxima Verosimilitud, y con esta metodología se comenzaron a emplear los modelos Logit y Probit en estos análisis.

La utilización de los modelos de respuesta binaria, como el Logit o el Probit, en los estudios de riesgo de crédito, tiene su origen en el estudio de McKelvey y Zavoina (1975).

Estos han sido ampliamente utilizados debido a que sus respuestas pueden ser interpretadas como los ratings empleado en las calificaciones de los bancos, de las carteras de los mismos, de los clientes y hasta de los países. De allí nacen modelos de riesgo como el “O-Score”, propuesto por Ohlson (1980). Siguiendo a Gutiérrez (2010), se presentan algunos modelos que han desarrollado estas técnicas.

Un estudio muy referenciado en la literatura es el de Lennox (1999), quien estima la probabilidad de impago de las firmas, por medio de modelos Probit y Logit, comparándolos con un modelo de Análisis Discriminante. La base de datos se encuentra compuesta por 949 empresas del Reino Unido, para las cuales se tienen datos desde 1987 hasta 1994. Los regresores que resultan significativos son el flujo de caja, el apalancamiento, el tamaño, la rentabilidad, la razón de efectivo sobre pasivos corrientes, la proporción de ventas totales sobre deudores totales y dummies del sector.

Westgaard y Wijst (2001), presentan un modelo en el cual se estima la perdida esperada del portafolio de un banco, estimando el riesgo de impago por medio de un modelo Logit, donde las variables financieras y las características de la firma determinan la probabilidad de impago. El estudio comprende el periodo de 1995 hasta 1999, con datos de 50 compañías, quienes tienen 115,000 empresas como clientes. Allí se concluye que el flujo de efectivo, el margen operacional sobre los costos financieros, la liquidez, el patrimonio sobre los activos, la edad de la empresa y el tamaño de la misma, determinan la probabilidad de impago de la firma.

Por otro lado, Bunn y Redwood (2003) emplean un modelo Probit en la estimación del riesgo de impago. Los autores evalúan un modelo para Reino Unido e Irlanda, que comprende una muestra de más de 11,000 firmas, en un periodo que va desde 1991 hasta 2001. Las variables explicativas que analizan se agrupan en variables de rentabilidad, ratios financieros, características de las firmas y variables macroeconómicas. La variable dependiente es definida como la probabilidad que una empresa sea adquirida, liquidada o disuelta. En el análisis se obtiene que la rentabilidad, liquidez y el tamaño de la empresa están correlacionados de manera negativa con la probabilidad de impago, mientras que el apalancamiento tiene un efecto positivo.

En la revisión de los trabajos que explican el caso colombiano, se destaca el estudio de Martínez (2003), el cual usa información financiera de 9,000 empresas para el año 2000. Su objetivo es identificar los determinantes de la fragilidad de las empresas, definiéndola de acuerdo al estado legal de la empresa. En este modelo, el riesgo de impago se presenta como el estado en el que una compañía presentó estrés o fragilidad financiera, si ingresó a un acuerdo de restructuración de pagos (ley 550 de 1999) o si la Superintendencia de Sociedades determinó su liquidación obligatoria durante el año de estudio. El estudio realiza un modelo Probit, donde los regresores son algunos indicadores de rentabilidad, endeudamiento y liquidez, además de dummies por sectores. Los resultados indican que las variables impuestos sobre activos, obligaciones financieras sobre activos y disponible sobre activos son las razones financieras más importantes al momento de identificar la fragilidad de las empresas.

Del mismo modo que Martínez (2003) y Arango et al. (2005) calculan el riesgo de impago por medio de un modelo Probit. Para hacerlo toman una muestra de 8,481 empresas. El estudio comprende un periodo desde 1995 hasta 2005. Allí se encuentra que la variable que mejor explica el riesgo de impago es el endeudamiento. Por su parte, la rentabilidad se relaciona negativamente con la variable dependiente.

A diferencia de estos dos trabajos expuestos, Zamudio (2007) estima un modelo Logit, con el cual se hallan los determinantes de la probabilidad de que una empresa colombiana incumpla con el pago las obligaciones que ha contraído con el sistema financiero. La probabilidad de incumplimiento está asociada a indicadores financieros como la liquidez, al número de entidades con los que las empresas tienen créditos y a las características crediticias.

Por último, vale la pena mencionar el trabajo de Fernández y Pérez (2005), quienes estiman un modelo Logit para clasificar los buenos y los malos clientes de una cartera comercial y una cartera de consumo. Para hacerlo hallan los componentes principales de las variables utilizadas, debido a la alta correlación entre estas, y los problemas de multicolinealidad que subyacen a esta característica.

METODOLOGÍA

Modelos binomiales

Para el desarrollo metodológico del presente estudio, se considera un Panel de datos no lineal, el cual se basa en la extensión de las aproximaciones generales de los modelos de panel de datos lineales, tales como los modelos de efectos aleatorios, el cual trata el efecto individual específico como una variable aleatoria que mediante su especificación distribucional es posteriormente integrada para eliminar dichos efectos individuales, los modelos de efectos fijos, que tratan el efecto individual específico como una variable aleatoria no observada que puede estar correlacionada con los regresores x_{it} y los modelos pooled, el cual ignora los efectos aleatorios específicos.

En este sentido, es ampliamente conocido que dichos modelos no lineales con efectos individuales específicos, tales como los de elección discreta, modelos censurados y truncados, entre otros, al ser estimados por la aproximación de efectos aleatorios requiere de la especificación de la relación estadística entre las variables no observadas y los efectos individuales no observados. Más aún, requiere de supuestos sobre las condiciones iniciales del proceso, si hay correlación serial en el componente de errores aleatorios o si rezagos de la variable dependiente son usados como variables explicativas. Los problemas asociados con la mala especificación de estas distribuciones son en parte superadas mediante la aproximación de efectos fijos, el cual asume que los errores están correlacionados con los regresores y que están idéntica e independientemente distribuidos en el tiempo con una distribución logística (Honor'e y Kyriazidou, 2000).

La extensión natural de elección discreta en datos de sección cruzada a modelos de panel de datos con efectos individuales específicos, es mediante la definición de y_{it} con valores de 0 ó 1, con

$$P_r[y_{it} = 1|x_{it}, \beta, \alpha_i] = \begin{cases} F(\alpha_i + x'_{it}\beta) & \text{Modelo general} \\ \Lambda(\alpha_i + x'_{it}\beta) & \text{Modelo logit} \\ \Phi(\alpha_i + x'_{it}\beta) & \text{Modelo probit} \end{cases} \quad (1)$$

Donde $F(\cdot)$ es una función de distribución acumulada, $\Lambda(\cdot)$ es la función de distribución acumulada con $\Lambda(z) = \frac{e^z}{1+e^z}$, y $\Phi(\cdot)$ es la función de distribución acumulada normal estándar. Dado (1) y asumiendo independencia condicional, la densidad conjunta para la i – ésima observación $y_i = (y_{i1}, \dots, y_{iT})$ es

$$f(y_i|X_i, \alpha_i, \beta) = \prod_{t=1}^T F(\alpha_i + x'_{it}\beta)^{y_{it}} (1 - F(\alpha_i + x'_{it}\beta))^{1-y_{it}} \quad (2)$$

Esta especificación paramétrica es la más apropiada para el desarrollo de la metodología de panel de datos binario, pues los datos binarios deben distribuirse Bernoulli, mientras que la especificación de la probabilidad condicional, que es igual a la media condicionada, expresada por

$$E[y_{it}|X_i, \alpha_i, \beta] = F(\alpha_i + x'_{it}\beta) \quad (3)$$

es poco usada, sin embargo, se utiliza principalmente cuando los regresores son endógenos (Cameron y Trivedi, 2005).

Efectos Aleatorios en panel de datos binarios

Los efectos aleatorios asumen que los efectos individuales están normalmente distribuidos, con $\alpha_i \sim N[0, \delta_\alpha^2]$. El estimador de máxima verosimilitud de efectos aleatorios de β y δ_α^2 maximiza el logaritmo de la verosimilitud $\sum_{i=1}^N \ln f(y_i|X_i, \beta, \delta_\alpha^2)$, donde

$$f(y_i|X_i, \beta, \delta_\alpha^2) = \int f(y_i|X_i, \alpha_i, \beta) \frac{1}{\sqrt{2\pi\delta_\alpha^2}} \exp\left(\frac{-\alpha_i^2}{2\delta_\alpha^2}\right) d\alpha_i \quad (4)$$

Donde $f(y_i|X_i, \alpha_i, \beta)$ está dada en (1) con $F = \Lambda$ para el modelo Logit y $F = \Phi$ para el modelo Probit.

Logit Efectos Fijos

La estimación de efectos fijos es posible para el modelo de panel Logit usando el estimador de máxima verosimilitud condicional pero no para otros modelos del panel binario como el modelo Probit.

Para el modelo Logit, la densidad conjunta de $y_i = (y_{1t}, \dots, y_{it})$ es

$$f(y_i|x_{it}, \alpha_i, \beta) = \frac{\exp(\alpha_i \sum_t y_{it}) \exp((\sum_t y_{it} x'_{it} \beta))}{\prod_t [1 + \exp(\alpha_i + \exp(x'_{it} \beta))]} \quad (5)$$

De esta expresión se requiere eliminar α_i . Para la observación i hay $\sum_t y_{it}$ resultados de 1 en T periodos. Si se define el conjunto $B_c = \{d_i | \sum_t d_{it} = \sum_t y_{it} = c\}$ como toda la secuencia posible de 0s y 1s para el cual la suma de T resultados binarios $\sum_t y_{it} = c$, entonces se puede llegar a

$$f\left(y_i | \sum_t y_{it} = c, x_i, \beta\right) = \frac{\exp((\sum_t y_{it} x'_{it} \beta))}{\sum_{d \in B_c} \exp((\sum_t d_{it} x'_{it} \beta))} \quad (6)$$

Componentes Principales

El método de componentes principales tiene por objeto transformar un conjunto de p variables originales en un nuevo conjunto p llamadas *componentes principales*, siendo estos una combinación lineal de las variables originales.

Consideremos que se dispone de una muestra de tamaño n acerca de las p siguientes variables X_1, X_2, \dots, X_p y que las observaciones están expresadas bien sea en desviaciones respecto a la media o bien como variables tipificadas.

La primera componente, de la misma forma que el resto, se expresa como combinación lineal de las variables originales:

$$Z_{1i} = \mu_{11}X_{1i} + \mu_{12}X_{2i} + \dots + \mu_{1p}X_{pi} \quad (1)$$

Para un conjunto de n observaciones muestrales esta ecuación se puede expresar matricialmente de la siguiente forma:

$$\begin{pmatrix} Z_{11} \\ Z_{12} \\ \dots \\ Z_{1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{21} & \dots & X_{p1} \\ X_{12} & X_{22} & \dots & X_{p2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{1n} & X_{2n} & \dots & X_{pn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mu_{11} \\ \mu_{12} \\ \dots \\ \mu_{1p} \end{pmatrix}$$

O, expresándolo en notación abreviada,

$$z_1 = X\mu_1 \quad (2)$$

Los coeficientes para z_1 son seleccionados para hacer su varianza tan grande como sea posible. Los coeficientes para z_2 son seleccionados para hacer la varianza de esta combinación de variables tan grande como sea posible, sujeto a la restricción que los puntajes de z_1 y z_2 sean incorrelacionados. En general, los coeficientes son seleccionados de tal manera que se maximice la varianza en cada componente y que sean ortogonales.

De esta manera, la primera componente se obtiene maximizando su varianza sujeta a la restricción que la suma de los pesos (μ_{1j}) al cuadrado sea igual a la unidad:

$$Var(Z_1) = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{1i}^2}{n} = \frac{1}{n} z_1' z_1 = \frac{1}{n} \mu_1' X' X \mu_1 = \mu_1' \left[\frac{1}{n} X' X \right] \mu_1 \quad (3)$$

Si las variables están expresadas en desviaciones respecto a la media, $\frac{1}{n} X' X$ es la matriz de covarianzas muestral que se denomina V; para variables tipificadas $\frac{1}{n} X' X$ es la matriz de correlaciones R.

Por lo tanto, la varianza a maximizar es

$$Var(Z_1) = \mu_1' V \mu_1 \quad (4)$$

Con la restricción

$$\sum_{j=1}^p \mu_{1j}^2 = \mu_1' \mu_1 = 1 \quad (5)$$

En consecuencia, incorporando esta restricción se forma el siguiente lagrangiano:

$$L = \mu_1' V \mu_1 - \lambda (\mu_1' \mu_1 - 1) \quad (6)$$

Así, para maximizar el lagrangiano se establece la condición de primer orden con respecto a μ_1 es igual a cero:

$$\frac{\partial L}{\partial \mu_1} = 2V\mu_1 - 2\lambda\mu_1 = 0 \quad (7)$$

Es decir,

$$(V - \lambda I)\mu_1 = 0 \quad (8)$$

Al resolverse la ecuación $|(V - \lambda I)\mu_1| = 0$, se obtendrán p raíces características, donde si se toma la raíz característica mayor (λ_1), se halla el vector característico asociado a μ_1 . Así pues, el vector de ponderaciones que se aplica a las variables iniciales para obtener la primera componente principal es el vector característico asociado a la raíz característica mayor de la matriz V .

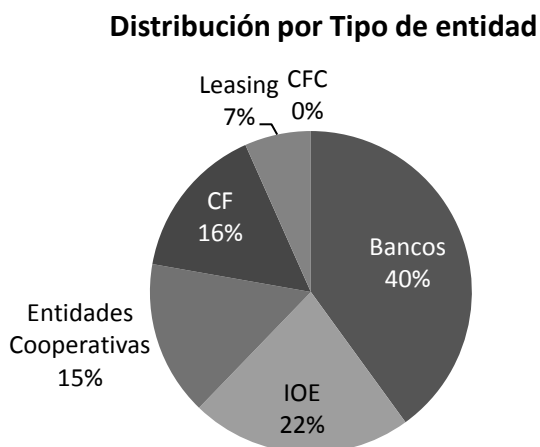
Para obtener las restantes componentes, además de la restricción de que $\mu_h' \mu_h = 1$, se imponen las restricciones adicionales de que el vector característico asociado a la componente h -ésima sea ortogonal a todos los vectores característicos calculados previamente, para ver un desarrollo más detallado y las pruebas asociadas a esta técnica, consultar Harris (2001).

DATOS

La base de datos que se utiliza para la determinación de la probabilidad de que una entidad del sector financiero colombiano entre en “problemas”, proviene de la información de los Balances Generales y Estados de Resultados que estas compañías reportan periódicamente a la Superintendencia Financiera de Colombia (Superfinanciera). Los datos contienen información de 18 Bancos, 10 Instituciones Oficiales Especiales, 7

Entidades Cooperativas, 7 Corporaciones Financieras y 3 Leasings, entre 2007 y 2011, lo que representa una muestra significativa.

Gráfico 2. Tipos de Entidades



Fuente: Elaboración propia con información tomada de la Superfinanciera

Según la Superfinanciera, los Bancos son instituciones que realizan labores de intermediación financiera, recibiendo dinero de unos agentes (depósitos), para colocarlos como créditos a otros agentes económicos; las Corporaciones Financieras, son establecimientos de crédito, cuyo objetivo fundamental es la movilización de recursos y asignación de capital para promover la creación, reorganización, fusión, transformación y expansión de cualquier tipo de empresas; las Compañías de Financiamiento Comercial tienen como función principal captar ahorro a término y dedicarlo a financiaciones de corto y mediano plazo para facilitar la comercialización de bienes y servicios, y realizar operaciones de arrendamiento financiero o leasing; las Instituciones de orden especial, son entidades cuya creación y funcionamiento se encuentran establecidos en normas especiales, según lo define la Asobancaria. Finagro y Findeter son ejemplos de estas; y por último, las Entidades Cooperativas pueden considerarse como una asociación profesional, cívica, sindical, benéfica o de utilidad común no gubernamental, dedicadas a la producción, obtención, consumo o crédito de participación libre y democrática.

Para la determinación de las variables del estudio se siguió la metodología del modelo CAMEL¹, implementada por Altaman (1968), Martin (1977) y Kolari et. Al. (2000), cuya metodología es la más implementada por las calificadoras de riesgo y compañías del sector, para la modelación de riesgo de crédito y Default. La Tabla 1 contiene la explicación de las variables que se obtuvieron de la base de datos y que serán las utilizadas en los modelos.

Tabla 1. Descripción de las Variables

Variable	Descripción	Propiedades
dSolvencia	Consecutivo que identifica cada individuo	Discreta
a1	Cubrimiento de Cartera	Continua
a2	Calidad de Cartera	Continua
a3	Cartera Vencida / Patrimonio	Continua
a4	Cartera Consumo / Cartera Total	Continua
a5	Cartera diferente A / Cartera Total	Continua
a6	Exposición Patrimonial por Cartera (provisiones exigidas - provisiones balance / patrimonio)	Continua
a7	ROA (Rentabilidad del Activo)	Continua
a8	ROE (Rentabilidad del Patrimonio)	Continua
a9	Margen Financiero / Activos	Continua
a10	Gastos no Financieros / Activos	Continua
a11	Eficiencia Operativa (Gastos intereses / Ingresos intereses)	Continua
a12	Utilidad Neta / Ingresos Financieros	Continua
a13	Apalancamiento (Pasivo / Patrimonio)	Continua
a14	Activos Líquidos / Activo Total	Continua
a15	Patrimonio / Activos	Continua
a16	Quebranto Patrimonial (Patrimonio / Capital Social)	Continua
a17	Financiamiento con Pasivos LP (Pas CP-Act CP / Act LP)	Continua
a18	Exposición Patrimonial con PPyE (Activos Improductivos / Patrimonio)	Continua
a19	Endeudamiento (Pasivo / Activo)	Continua
a20	Inversiones / Activo	Continua
Cal_arriba	Aumento de calificación	Binaria
Cal_abajo	Disminución de calificación	Binaria
Tipo_entidad	Tipo de Entidad Financiera	Discreta

Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida de los datos

*La determinación de la variable dependiente se explica más adelante

dSolvencia: Variable Dependiente.

Margen de solvencia o Solvencia (Patrimonio Técnico / Activos Ponderados por Riesgo). Se halla dividiendo el patrimonio técnico del emisor por el total de sus activos ponderados

¹ CAMEL: C de Capital, A representa calidad del Activo, M capacidad Gerencial, E rentabilidad y L liquidez.

por riesgo. Esta medida indica la capacidad de la compañía para respaldar sus activos de acuerdo con su nivel de riesgo.

a1: Cubrimiento de Cartera.

Este indicador muestra la cantidad de la cartera vencida está provisionada. Indica el porcentaje de cartera vencida que, de materializarse la pérdida, la compañía podría cubrir con el dinero destinado para ello sin afectar su situación financiera.

a2: Calidad Cartera.

Mide el tamaño de la cartera vencida en relación con total de la cartera. La cartera vencida se refiere a aquellos préstamos que se encuentran o tienen alto riesgo de cesación de pagos. Se incluyen préstamos vencidos, reestructurados o renegociados, propiedad raíz embargada e intereses en mora.

a3: Cartera Vencida / Patrimonio

Mide el tamaño de la cartera en mora en relación con el patrimonio de la institución financiera. Dentro de la cartera vencida se incluyen los contratos de leasing. Este indicador permite determinar la capacidad de una compañía de responder a la materialización de las pérdidas en su cartera con su patrimonio.

a4: Cartera Consumo / Cartera Total

Mide que proporción de la cartera total corresponde a cartera de consumo. Este indicador es importante debido a que en épocas de crisis, la cartera de consumo es la que más niveles de morosidad presenta.

a5: Cartera Diferente A / Cartera Total

Este indicador es otra medida de calidad de la cartera y relaciona la cartera que han sido calificados como diferentes de A con la cartera. La cartera diferente de A es el saldo de los créditos calificados por la entidad en una categoría diferente a ésta, de acuerdo con lo estipulado por la norma emitida por la Superintendencia Financiera de Colombia; la cartera y leasing bruto no incluyen las provisiones.

a6: Exposición Patrimonial Cartera y Leasing (provisiones exigidas – provisiones balance / patrimonio)

Es un indicador muy similar al cubrimiento de cartera. Difieren en el numerador, ya que para este indicador se debe restar las provisiones exigidas contra las del balance, dando una idea de lo juiciosa que es la entidad frente a las condiciones mínimas exigidas y las reales para los niveles de provisiones.

a7: ROA = Utilidad Neta / Activo Total (Rentabilidad del Activo)

Este indicador se calcula dividiendo la utilidad neta sobre el valor de los activos promedio (del período actual y del período anterior). Mide la habilidad del emisor para generar rentabilidades a partir de los activos que tiene disponibles. El ROA evalúa la habilidad de la compañía para generar rentabilidades a partir de los activos que tiene disponibles

a8: ROE = Utilidad Neta / Patrimonio (Rentabilidad del Patrimonio)

Ofrece una medida del retorno que obtienen los socios de una compañía por el capital invertido en ella.

a9: Margen Financiero / Activos

Este indicador mide la capacidad de la institución financiera para generar utilidades por las actividades que realizan, a partir de los recursos empleados. El margen financiero es la diferencia entre los ingresos de interés y los gastos de interés.

a10: Gastos no Financieros / Activos

Es una medida de la eficiencia administrativa de la institución analizada. Los gastos no financieros incluyen la totalidad de los costos y gastos que no corresponden a los pagos de intereses.

a11: Eficiencia Operativa (gastos intereses / ingresos intereses)

Este indicador mide la eficiencia de las entidades del sector financiero para generar ingresos por intereses, los cuales son la principal razón de su negocio.

a12: Utilidad Neta / Ingresos Financieros

Mide la rentabilidad y eficiencia final del negocio, representa el retorno neto por cada peso que ingresó a la compañía por su operación, debido a que los ingresos financieros son la principal razón de ser del negocio.

a13: Apalancamiento (Pasivo / Patrimonio)

Muestra la relación existente entre los fondos obtenidos de terceros (pasivos en general) y los fondos propios de los accionistas (Patrimonio). El análisis de este indicador es similar al indicador pasivo/ activo.

a14: Activos líquidos / Activo Total

Este indicador permite ver el grado de liquidez que presentan los activos de la firma; por lo general, la mayoría de activos de las comisionistas son líquidos (inversiones y disponible). Por tanto, el indicador se halla con la relación entre la suma del disponible más las inversiones diferentes a las mantenidas hasta el vencimiento y el activo total.

a15: Capitalización (Patrimonio / Activos)

Este indicador mide la proporción en que los activos son cubiertos con el patrimonio de los accionistas, siendo este el mayor soporte que tiene una entidad en un evento de default.

a16: Quebranto Patrimonial (Patrimonio / Capital Social)

Indica las veces que el Patrimonio total supera el Capital Social. Es controlado por ley y debe ser de mínimo 50%, ya que al ser baja la proporción, esto indica que las pérdidas generadas por la compañía están reduciendo en patrimonio neto de la entidad, lo que pone la pone en riesgo de disolución.

a17: Financiamiento con Pasivos de Largo Plazo (Pasivos CP – Activos CP / Activos LP)

Indicador de apalancamiento. Mide el nivel de financiamiento que la entidad presenta con pasivos de largo plazo.

a18: Exposición Patrimonial con PPyE (activos improductivos / Patrimonio)

Este indicador mide el nivel de exposición patrimonial que está teniendo la entidad como proporción de los activos improductivos que esta tiene.

a19: Endeudamiento (Pasivo / Activo)

Este indicador mide la proporción de las obligaciones de la entidad sobre el activo. Indica la proporción del activo que es respaldado por el pasivo. Mientras más bajo se encuentre este indicador, es menos riesgo para la compañía pues indica que los activos están más respaldados por patrimonio, es decir, por sus accionistas.

a20: Inversiones / Activo

Este indicador mide la proporción de los activos de las entidades del sector financiero que corresponden a inversiones. Esta proporción no debe ser muy grande, ya que el activo más importante de estas entidades es la cartera. Da un indicio de la posición propia de cada entidad.

Cal_arriba: Aumento de calificación

Esta variable toma el valor de uno en los años dentro de las cuales la calificadora de riesgo modificó positivamente la calificación de riesgo de largo plaza de la entidad.

Cal_abajo: Disminución de calificación

Esta variable toma el valor de uno en los años dentro de las cuales la calificadora de riesgo modificó negativamente la calificación de riesgo de largo plaza de la entidad.

Tipo_entidad

Esta variable toma valores entre 1 y 6, según el tipo de entidad. Los bancos toman el valor de 1, las Corporaciones Financieras de 2, las compañías de financiamiento comercial de 3, las Instituciones de Orden Especial (IOE) de 5, las Leasing de 6 y las Entidades Cooperativas el valor de 7.

Determinación de la Solvencia como variable dependiente

Este trabajo enfatiza en el papel fundamental que juega la Solvencia, identificando el comportamiento de este indicador entre 2007 y 2011, como el determinante de la probabilidad de que una entidad financiera entre en problemas, debido a que define la capacidad de los componentes de capital para absorber pérdidas, incluyendo variables importantes como capital y riesgos. Este indicador es hoy en día controlado por la Superfinanciera.

Debido a la importancia de la solvencia como medida de fortaleza de las entidades, el Gobierno Nacional expidió el Decreto 1771 de 2012 por medio del cual se pretende acercar la normatividad local a los estándares internacionales (Basilea), los cuales buscan contar con un capital que puedas responder a las necesidades de financiación cuando existan problemas.

Para la estimación del punto límite de solvencia, se implementó la metodología propuesta por Peña (2002) y Gento et al. (2004), la cual consiste en estimadores robustos diseñados para verse poco afectados por la alteración de los datos atípicos, para luego detectarlos y aplicar el cálculo de los estimadores a las muestras limpias. Luego se procedió a hallar el percentil 85, obteniendo finalmente que un indicador de solvencia de 15 sea el adecuado para determinar la variable dependiente del análisis. De esta forma, la variable dependiente toma el valor de 1 si la Solvencia es menor o igual a 15 y cero en otros casos.

Se implementó el percentil 85 para determinar el punto de cambio de la solvencia como variable dependiente, ya que es una medida útil de dispersión que proporciona información adicional que permite juzgar la confiabilidad de la medida de tendencia central. Si los datos están muy dispersos, la posición central es menos representativa que cuando estos se encuentran agrupados alrededor de la media. Debido a que los datos financieros generalmente están muy dispersos, se considera que los percentiles son una medida útil de dispersión.

Según Hyndman y Fan (1996), los percentiles representan el área bajo la curva, donde cada desviación estándar puede representar un percentil. En general cuando se tienen muestras representativas, los percentiles pueden ser representados por medio de una

normal, donde un poco más de -1 desviación estándar representa el percentil 15 y un poco más de 1 desviación estándar representa el percentil 85.

Teniendo en cuenta la interpretación teórica y luego de realizar un análisis de sensibilidad, teniendo en cuenta el conocimiento y experiencia del analista, además de su comprensión del mercado y la situación financiera y económica de la economía, se procedió a determinar que el percentil 85 era la mejor medida para determinar el punto de solvencia que establecerá la variable dependiente.

RESULTADOS

Tabla 2. Estadística Descriptiva

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
a1: Cubrimiento cartera	225	84.96	829	0.43	11,842
a2: Calidad cartera	225	0.10	0.21	0.00	1.00
a3: Cartera vencida / Patrimonio	225	0.23	0.20	0.00	1.08
a4: Cartera consumo / cartera total	225	0.36	0.33	0.00	1.00
a5: Cartera diferente A / cartera total (bruta)	225	0.16	0.24	0.00	1.00
a6: Exposición patrimonial por cartera (provisiones exigidas-provis balance / patrimonio)	225	-0.16	0.19	-1.44	0.03
a7: ROA	225	0.02	0.03	-0.11	0.32
a8: ROE	225	0.11	0.12	-0.51	0.44
a9: Margen financiero / Activos	225	0.11	0.09	0.02	0.61
a10: Gastos no financieros / Activos	225	0.06	0.05	0.01	0.40
a11: Eficiencia operativa	225	0.68	1.97	0.00	18.69
a12: Utilidad neta / ingresos financiero	225	0.13	0.18	-0.26	1.56
a13: Apalancamiento	225	7.07	4.40	0.03	30.35
a14: Activos líquidos / activo total	225	0.20	0.24	0.01	1.61
a15: Capitalización (patrimonio/activos)	225	0.18	0.16	0.03	0.97
a16: Quebranto patrimonial (Patrimonio / capital social)	225	56.45	288.46	0.54	2,824.02
a17: Financiamiento con pasivos de LP (PasCP-ActCP / ActLP)	225	-0.45	2.20	-20.60	0.38
a18: Exposición patrimonial con PPyE (activos improductivos/patrimonio)	225	0.52	0.60	-1.34	4.61
a19: Endeudamiento (Pasivo / activo)	225	0.82	0.16	0.03	0.97
a20: Posición propia (inversiones / activo)	225	0.18	0.23	0.00	0.94

* Las variables no están expresadas en porcentajes

A continuación se detallará la estadística descriptiva para algunas de las variables del modelo.

En la Tabla 1 se puede observar que el promedio del indicador de cubrimiento de cartera para las 45 entidades del sector financiero se encuentra en 8496%, nivel que se considera alto, debido a que las Instituciones de Orden Especial (IOE) presentan altas provisiones y baja cartera vencida. El máximo para este indicador es de 1.184.200%, presentado por Bancoldex.

El promedio de calidad de cartera se ubica en 10%, nivel aceptable por el sector, ya que se considera que este indicador debe oscilar entre el 2% y el 11%. Por otro lado, la cartera vencida / patrimonio se ubica en promedio en 23%, nivel que muestra un buen indicador en la medida en que la exposición al patrimonio no es muy elevado. Para este indicador se considera que 30% es un nivel alto.

En cuanto a los indicadores de rentabilidad, el ROA se ubica en promedio en 2%, el ROE en 11.2%, mientras que el margen financiero / activos en 5.9%. Por otra parte, el promedio de los gastos no financieros / activos es de 5.9% y la eficiencia operativa de 67.7%.

El promedio del apalancamiento de las entidades del sector financiero es de 707%, el cual es considerado un apalancamiento moderado, debido a la razón de ser del negocio bancario. Se considera que este indicador puede alcanzar el nivel máximo de 1000%. El nivel promedio del endeudamiento es de 82%, mientras las inversiones / activos es de 18%.

La liquidez de las entidades del modelo es medida principalmente por el indicador activos líquidos / activo total, el cual alcanzó un nivel promedio de 20% y un máximo de 161%, lo cual indica que las entidades del sector financiero cuentan con activos líquidos para respaldar su operación.

Los indicadores propuestos dentro de los cuales se deben mover los indicadores, como por ejemplo, cuando se establece que la calidad de cartera debe oscilar entre el 2% y el 11%, son hallados mediante la metodología de Peña (2002) y Gento et al. (2004), la cual se mencionó anteriormente. Luego se procedió a hallar el percentil 15 y 85 con el fin de determinar el rango de movilidad en el que debe estar cada indicador. Estos rangos son

ajustados según la percepción de cada analista y el conocimiento que tenga del mercado y la situación actual de la economía.

Desarrollo metodología

Para llevar a cabo el análisis de panel de datos no lineal, se inicia con la aplicación de la técnica de Análisis de Componentes Principales, con ello se busca resolver los problemas potenciales de multicolinealidad. Para esto se tomó en consideración toda la información disponible en la base de datos, teniendo así 225 observaciones y llegando a un resultado de cinco componentes que explican el 89.2% de la varianza total.

Tabla 3. Cargas factoriales

Variable	Componentes				
	1	2	3	4	5
a1: Cubrimiento cartera	-4%	13%	-13%	-4%	4%
a2: Calidad cartera	84%	1%	11%	-27%	13%
a3: Cartera vencida / Patrimonio	-1%	-21%	43%	-14%	-14%
a4: Cartera consumo / cartera total	-38%	-7%	51%	0%	-8%
a5: Cartera diferente A / cartera total (bruta)	90%	20%	13%	7%	9%
a6: Exposición patrimonial por cartera (provisiones exigidas-provis balance / patrimonio)	3%	1%	-40%	-50%	5%
a7: ROA	17%	43%	9%	81%	-2%
a8: ROE	-11%	-5%	-10%	72%	-2%
a9: Margen financiero / Activos	13%	29%	90%	10%	-1%
a10: Gastos no financieros / Activos	1%	13%	87%	-17%	-2%
a11: Eficiencia operativa	36%	-32%	-7%	-6%	67%
a12: Utilidad neta / ingresos financiero	17%	49%	-21%	70%	-2%
a13: Apalancamiento	25%	-83%	-15%	0%	30%
a14: Activos líquidos / activo total	74%	25%	-2%	13%	-37%
a15: Capitalización (patrimonio/activos)	35%	88%	16%	21%	2%
a16: Quebranto patrimonial (Patrimonio / capital social)	-5%	1%	-13%	4%	3%
a17: Financiamiento con pasivos de LP (PasCP-ActCP / ActLP)	-71%	-11%	6%	-20%	46%

a18: Exposición patrimonial con PPyE (activos improductivos/patrimonio)	32%	-43%	10%	-19%	-41%
a19: Endeudamiento (Pasivo / activo)	-35%	-88%	-16%	-21%	-2%
a20: Posición propia (inversiones / activo)	87%	10%	-9%	17%	22%

Como se mencionó anteriormente, por los resultados empíricos, el ACP es conocido como una técnica de gran utilidad en la reducción del número de variables y la asignación de un indicador al componente se hace a partir de la mayor relación entre ambos, así por ejemplo, el indicador a12: Utilidad neta / ingresos financiero presenta la mayor carga factorial con el componente 4, seguida por el componente 2 y luego por el componente 3, por lo que dicha variable será interpretada financieramente a partir del cuarto componente. Como los factores no son directamente observables, su denominación es en cierto modo subjetiva, aunque se basa en las cargas de los factores con las variables originales.

Para el presente trabajo, se propone asignar el nombre **sostenibilidad operativa** al primer componente, el cual está relacionado con las variables a2, a5, a14, a17 y a20 que corresponde a calidad cartera, cartera diferente A / Cartera total (bruta), Activos líquidos / activo total, financiamiento con pasivos de LP (PasCP-ActCP / ActLP) e Inversiones / activo, explicando así que las entidades del sector financiero deben calzar su operación de fondeo y colocación, y disponer de recursos líquidos suficientes para responder a sus necesidades cotidianas y de estrés. En la medida en que el calce entre los pasivos (depósitos) y los activos (cartera) sea más efectivo, no se tendrá que recurrir a altas fuentes de terceros, lo que mejora la rentabilidad de las compañías. La operatividad de las compañías del sector financiero se concentra principalmente en las actividades de captación y colocación. En la medida en que las entidades realicen un seguimiento y estudio detallado sobre sus clientes, pueden lograr activos más sanos (Cartera), lo que disminuye la exposición al riesgo de crédito, igualmente disminuye la necesidad de realizar altas provisiones, y por ende, la rentabilidad y sostenibilidad de las compañías.

El segundo componente está compuesto por las variables a1: cubrimiento de cartera, a13: apalancamiento, a15: Capitalización (patrimonio / activos), a18: Exposición patrimonial con PPyE (activos improductivos/patrimonio) y a19: endeudamiento (pasivo / activo), al cual se le asignará el nombre de **estructura y calidad del activo**. Los indicadores de este grupo reflejan la eficiencia en la conformación de los activos y pasivos, la posición de

riesgo crediticio y la cobertura para aquellos créditos irrecuperables. Reflejan la suficiencia de capital con la que se realiza la intermediación financiera.

Al tercer componente se le dio el nombre de **margen y exposición por activo** y está conformado por las siguientes variables: a3, a4, a9, a10 y a16, las cuales corresponden a cartera vencida / patrimonio, cartera consumo / cartera total, margen financiero / activos, Gastos no financieros / Activos respectivamente y Quebranto patrimonial (Patrimonio / capital social). Se le dio este nombre al componente, ya que en la medida en que las entidades financieras sean eficientes en su operación y realicen los procesos necesarios de evaluación de riesgo, reduciendo su exposición (por activos y patrimonio), evitarán grandes pérdidas por la cartera incobrable, lo que genera mejores retornos y márgenes para el negocio. Cabe anotar que la cartera de consumo es la que mejores márgenes tiene, por lo tanto la más riesgosa y la que más rentabilidad genera.

El cuarto componente está conformado por las siguiente variables: Exposición patrimonial por cartera (provisiones exigidas-provis balance / patrimonio) (a6), el ROA (a7), ROE (A8) y utilidad neta / ingreso financiero (a12), y se le asignó el nombre de **rentabilidad**, ya que estas relaciones establecen el grado de retorno de la inversión de los accionistas y los resultados obtenidos por la gestión operativa del negocio de intermediación. Por otro lado, las provisiones hacen que las compañías generen menores resultados y por lo tanto contribuye negativamente a las rentabilidades.

El quinto componente está compuesto por el la variable a11 que corresponde al indicador **eficiencia operativa**. Al estar conformado únicamente por este indicador, se le dará el mismo nombre.

Dado el objetivo de caracterizar cuantitativamente la probabilidad de un banco entrar en “problemas” se realiza un análisis de panel de datos balanceado no lineal, contando entonces con 45 entidades financieras por un periodo de cinco años, teniendo así un tamaño de muestra $N=225$.

A partir de esta información se procedió a estimar los modelos donde la variable dependiente toma el valor de 1 si la Solvencia es menor o igual a 15 y cero en otros casos, obteniendo así que del total de entidades financieras estudiadas durante el periodo analizado, el 54% entró en “problemas”, como se evidencia en la Tabla 4, presentándose además una fuerte persistencia año tras año, pues según lo evidencia la Tabla 5, el 84%

de las entidades que entraron en “problemas” en un año determinado, también lo hicieron al año siguiente, implicando una correlación del 69% en dos rezagos de tiempo.

Tabla 4. Variación intra-grupo y entre-grupo variable dependiente

Solvencia	Media	Std. Dev.	Min	Max	Observaciones
overall	0.54	0.50	0	1	N = 225
between		0.42	0	1	n = 45
within		0.28	-0.26	1.34	T = 5

Tabla 5. Matriz de transición variable dependiente

Solvencia			
Solvencia	0	1	Total
0	85.54	14.46	100
1	16.49	83.51	100
Total	48.33	51.67	100

Tabla 6. Correlaciones de la variable dependiente

Solvencia		L1.	L2.
--	1		
L1.	0.67	1	
L2.	0.62	0.692	1

Tabla 7. Variación intra-grupo y entre-grupo regresores

Variable		Mean	Std. Dev.	Min	Max	Observaciones
cp1	overall	-7.70E-10	0.98	-0.86	4.48	N = 225
	between		0.97	-0.69	3.73	n = 45
	within		0.19	-0.98	0.75	T = 5
cp2	overall	7.31E-10	1.00	-2.57	4.34	N = 225
	between		0.95	-2.19	3.26	n = 45
	within		0.31	-1.60	1.08	T = 5
cp3	overall	3.15E-09	0.98	-1.37	5.19	N = 225
	between		0.90	-1.28	3.15	n = 45
	within		0.41	-2.17	2.04	T = 5
cp4	overall	-3.02E-10	0.97	-5.00	6.11	N = 225
	between		0.83	-2.07	3.59	n = 45
	within		0.52	-3.21	2.53	T = 5
cp5	overall	1.27E-09	0.91	-6.80	5.90	N = 225
	between		0.80	-2.97	4.17	n = 45
	within		0.46	-3.83	1.96	T = 5

Como puede apreciarse en la Tabla 7, la mayor variación para los regresores es variación entre-grupo, en lugar de intra-grupo. Por lo tanto se espera que la estimación por efectos fijos no sea eficiente y que sus coeficientes difieran considerablemente con respecto a los otros métodos de estimación, Cameron y Trivedi (2009).

Para realizar la estimación mediante los modelos Pooled logit, *Population Average* (PA), Efectos Fijos (EF) y Efectos Aleatorios (EA) se considera tanto las variables cuantitativas obtenidas a partir del método de componentes principales como las variables dummy, obteniéndose que estas últimas, es decir, Aumento de calificación, Disminución de calificación y Tipo de entidad no resultaron ser estadísticamente significativas para determinar la probabilidad de que una entidad financiera entre en “problemas” (ver anexo), mientras que de los componentes principales como variables regresoras se obtiene los siguientes coeficientes y errores estándar:

Tabla 8. Coeficientes estimación

Variable	<i>Pooled</i>	PA	EF	EA
Componente 1: sostenibilidad operativa	-6.12 ^{***} (2.12)	-8.13 ^{***} (1.78)	-13.78 ^{**} (6.68)	-16.14 ^{***} (4.49)
Componente 2: estructura y calidad del activo	-7.01 ^{***} (2.07)	-8.23 ^{***} (1.80)	-19.76 ^{***} (6.76)	-17.30 ^{***} (4.39)
Componente 3: margen y exposición por activo	-1.42 ^{***} (0.35)	-1.45 ^{***} (0.38)	-4.49 ^{***} (2.46)	-3.21 ^{***} (0.99)
Componente 4: rentabilidad	-0.66 (0.74)	-1.46 ^{**} (0.68)	-4.14 ^{***} (2.28)	-2.92 ^{**} (1.50)
Componente 5: eficiencia operativa	-1.39 ^{**} (0.69)	-0.79 (0.56)	1.63 (3.80)	-1.84 (1.94)
Constante	-2.40 ^{***} (0.88)	-3.15 ^{***} (0.86)		-6.22 ^{***} (1.95)

*** Significativo a un nivel de 0.01, ** Significativo a un nivel de 0.05, * Significativo a un nivel de 0.1

Del resultado de estimación se observa que, a excepción del componente de eficiencia operativa, los componentes son altamente significativos en todos los métodos de estimación. La no significancia del componente 5 en los métodos de estimación PA, EF y EA puede ser explicada por el hecho que la eficiencia operativa (Ingresos por Intereses gastos / Gasto Intereses) es en gran parte medida por el componente margen y exposición por activo, pues este está compuesto por indicadores como Margen financiero / Activos y Gastos no financieros / Activos, indicadores que miden la eficiencia en la operación de una entidad del sector financiero, ya que en la medida en que los gastos financieros frente a sus ingresos financieros sean pequeños, más eficiente será la entidad en su operación, obteniendo mejores márgenes de intermediación.

Al observar el signo de cada uno de los coeficientes obtenidos por los diferentes métodos de estimación, se tiene que todos los componentes principales significativos es el esperado desde una interpretación financiera, pues en la medida que una entidad tenga mayor sostenibilidad operativa se espera que presente menor probabilidad de entrar en “problemas”, de igual manera sucede con el componente estructura y calidad del activo, margen y exposición por activo y el componente rentabilidad.

Analizando los resultados del método de estimación *Pooled* se observa que los coeficientes son similares a los calculados por el método de estimación PA, sin embargo, este último permite obtener una mayor eficiencia. Por otro lado se observa una

significativa diferencia entre los coeficientes de los métodos *Pooled* y PA con los coeficientes de EF y EA, siendo estos últimos mayores en aproximadamente un 50%.

Como se mencionó anteriormente, el método de estimación por EF es poco apropiado para los datos analizados dada la baja variación intra-grupo, llevando a obtener estimaciones poco eficientes, pues presenta sustancialmente mayores errores estándar, por lo que resultan coeficientes significativamente diferentes al método de estimación EA.

Para estimar la probabilidad de que una entidad financiera entre en problemas, se calcula con la información disponible en el año 2011 para las 45 instituciones analizadas el valor asociado de cada componente mediante los indicadores financieros y las cargas factoriales y al incluirlos en la función de distribución acumulada, $\Lambda(\cdot)$, de la ecuación (1) y realizar las operaciones pertinentes, se obtiene que para ese año en particular, la probabilidad promedio de entrar en problemas es del 52% con el modelo *Pooled*, una probabilidad del 53% con el modelo PA y del 55.6% con el modelo EA. Estableciendo un punto de corte del 60% se obtiene significativos niveles de sensibilidad y especificidad, con valores del 83% y del 86%, respectivamente.

CONCLUSIONES

En este artículo la metodología empleada de panel de datos no lineal a partir de la estimación de componentes principales resulta ser factible para la medición de la probabilidad de que una entidad financiera entre en “problemas”.

El modelo ha trascendido la metodología empleada en la literatura asociada al tema, al combinar los modelos no lineales de panel de datos con el análisis de componentes principales. Con la combinación de metodologías se añaden ventajas y desventajas al modelo. Como ventajas se identifican la corrección de los problemas de multicolinealidad y la posibilidad de utilizar la mayoría de las variables en el análisis, sin embargo, la desventaja es que el análisis de cada componente es en cierto modo subjetivo y se pierde el análisis directo de cada indicador (Variable) dentro de la probabilidad de entrar en “problemas”.

Por otra parte, la medición de la probabilidad de que una entidad financiera entre en “problemas”, basada en el nivel de solvencia, genera igualmente un valor agregado, debido a que ninguno de los estudios encontrados en la literatura, enfatizan en el papel que juega este indicador como determinante del proceso. La decisión de uso e implementación del indicador, abarcó tanto análisis matemático, como empírico, lo que le da fortaleza a la definición.

De los cinco componentes obtenidos, cuatro fueron significativos al 5%. Si bien los componentes principales hacen difícil hasta la interpretación de los signos de los coeficientes, también reflejan la importancia de las variables contables en los modelos de *Default Risk*.

Actualmente en Colombia y el mundo, este tipo de modelos toman mayor importancia como herramienta de análisis de riesgo de crédito, tanto de las compañías financieras, como del sector real, debido a la necesidad de conocer la solidez de sus acreedores y contrapartes (compañías emisoras de títulos) y evaluar la probabilidad de que alguno de ellos incumpla con sus obligaciones.

Al realizar la medición hipotética de un banco típico colombiano, se observa el estrecho margen de maniobra de la banca en el país, lo que refleja debilidad en el sistema

financiero. Hay que recordar que este resultado se debe asociar a una mayor probabilidad de encontrarse con problemas de solvencia.

Sería interesante encontrar en trabajos futuros, un ejercicio similar que incluya variables macroeconómicas como el Producto Interno Bruto, la Tasa de Interés, entre otros aspectos, además de variables cualitativas de la compañía como grupo económico, calificación de riesgo, calidad de la revisoría y participación en el mercado, con el fin de darle fortaleza al modelo, evaluando tanto aspectos cuantitativos como cualitativos e internos y externos.

BIBLIOGRAFÍA

Afifi A.A. y Clark V. "Computer Aided Multivariate Analysis", .Chapman & Hall/crc

Altman E. (1968). "Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy", Journal of Finance , vol.23, pp. 589-609.

Altman E.; Haldeman, R. y Naraynan, P. (1977). "ZETA analysis: a new model to identify bankruptcy prediction risk of corporations", Journal of Banking and Finance, pp. 29-54.

Arango, J.; Orozco, I. y Zamudio, N. (2005). "Riesgo de Crédito: un análisis desde las firmas". Banco de la República, Reporte de Estabilidad Financiera, Diciembre de 2005.

Beaver W. (1966). "Financial Ratios as Predictors of Failures", Journal of Accounting Research, vol. 6, pp. 71-102.

Black F. y Scholes M. (1973). "Pricing of Options and Corporate Liabilities", Journal of Political Economy, vol.81, pp.637-659.

Benos, A. y Papanastasopoulos, G. (2005) "Extending the Merton Model: A Hybrid Approach to Assessing Credit Quality"

Bielecki, T. R. y Rutkowski, M. (2002). "Credit Risk: Modeling, Valuation and Hedging", first edition.

Bunn, P. y Redwood V. (2003). "Company accounts based modelling of business failures and the implications for financial stability". Bank of England, Working Paper No. 210.

Cameron A. y Trivedi P. (2005). "Microeconometrics methods and applications", Cambridge University Press.

Cameron A. y Trivedi P. (2009). "Microeconometrics Using Stata", College Station, Texas.

Cramer Jan Salomon (1997) "Logit Models from Economics and Other Fields", Cambridge University Press.

Fernández, C. y Pérez, F. (2005). "El modelo logístico: una herramienta estadística para evaluar riesgo de crédito", *Revista de Ingenierías*, pp. 55-75. Universidad de Medellín.

Estrella, A. S. Park y S. Peristiani. (2000). "Capital ratios as predictors of bank failure", *Economic Policy Review*, pp 33-52.

Gento, P., Ortega, J.F. y García D, G. (2004). "Alternativas estadísticas al cálculo del Valor en Riesgo", en *Estadística Española*, vol. 46, N° 155, pp. 119-148.

Gómez J. E. y Kiefer N. M (2006). "Explaining time to bank failure in Colombia during the financial crisis of the late 1990s", *Banco de la República*, Borradores de Economía No. 400.

Gutiérrez, J. R. (2010). "Un análisis de riesgo de crédito de las empresas del sector real y sus determinantes", *Reporte de Estabilidad Financiera*. Banco de la República.

Hyndman RH, Fan Y (1996). "Sample quantiles in statistical packages". *The American Statistician*.

Honoré, Bo. E. y Kyriazidou, Ekaterini (2000). "Estimation of tobit-type models with individual specific effects", *Econometrics Reviews*.

Jarrow R. y Turnbull S. (1995). "Pricing Derivatives on financial securities subject to credit risk", *Journal of Finance*, vol.50, pp.53-86.

Kolari, J., D. Glennon, H. Shin y M. Caputo (2000). "Predicting Large U.S. Commercial Bank Failures", *Office of the Comptroller of the Currency Working Papers*.

Lennox, C. (1999). "Identifying failing companies: a re-evaluation of the Logit, Probit and DA approaches", *Journal of Economics and Business*, Vol. 46, No. 4, pp. 347-364.

Madan, D., y Unal H. (1998). "Pricing the Risks of Default", *Review of Derivatives Research*, No. 2, pp.121-160.

Martin, D. (1977). "Early warning of bank failure", Journal of Banking and Finance, No. 1, 249-76.

Martínez, O. (2003). "Determinantes de Fragilidad en las Empresas Colombianas". Banco de la República", Borradores de Economía No. 259.

McKelvey R. y Zavoina W. (1975). "A statistical model for the analysis of ordinal level, dependent variables", Journal of Mathematical Sociology, vol. 4, pp. 103-120.

Ohlson, J. A. (1980). "Financial Ratios and the Probabilistic Prediction of Bankruptcy", Journal of Accounting Research, Vol. 18, No. 1, pp. 109-131.

Peek, J. y E.S. Rosengren. (2005). "Bank Regulation and the Credit Crunch", Journal of Banking and Finance, pp 679-692.

Peña, D. (2002). Libro: "Análisis de Datos Multivariante". pp. 120-125.

Pidd, Helen (2011), "Angela Merkel vows to create 'fiscal union' across Eurozone", <http://www.guardian.co.uk/business/2011/dec/02/angela-merkel-eurozone-fiscal-union>

Porath, D. (2004) "Estimating probabilities of default for German savings banks and credit cooperatives", Discussion Paper Series 2: Banking and Financial Supervision. Deutsche Bundesbank.

Sarmiento, J. A y Cristancho L. A (2009). "Evolución del Sistema Financiero Colombiano Durante el Periodo 1980-2007", Universidad Militar Nueva Granada.

Sinkey, J. (1975). "A multivariate statistical analysis of the characteristics of problem banks", Journal of Finance, No. 30, pp.21-36.

Westgaard, S. y Wijst, N. (2001). "Default probabilities in a corporate bank portfolio: A logistic model approach", European Journal of Operational Research, pp. 338-349.

Zamudio, N. (2007). "Determinantes de la Probabilidad de Incumplimiento de las Empresas Colombianas". Banco de la República, Borradores de Economía No. 466.

ANEXO

Variable	<i>Pooled</i>	PA	EF	EA
Componente 1: sostenibilidad operativa	-6.15 ^{***} (2.23)	-8.25 ^{***} (1.72)	-16.00 ^{***} (7.51)	-16.79 ^{***} (4.83)
Componente 2: estructura y calidad del activo	-7.03 ^{***} (2.12)	-8.28 ^{***} (1.75)	-21.43 ^{***} (7.11)	-17.72 ^{***} (4.65)
Componente 3: margen y exposición por activo	-1.39 ^{***} (0.34)	-1.49 ^{***} (0.37)	-4.95 [*] (2.59)	-3.35 ^{***} (1.06)
Componente 4: rentabilidad	-0.63 (0.76)	-1.38 ^{**} (0.66)	-3.92 [*] (2.32)	-2.83 [*] (1.53)
Componente 5: eficiencia operativa	-1.31 ^{**} (0.72)	-0.70 (0.57)	1.11 (3.63)	-1.63 (2.02)
Cal_arriba	-0.63 (0.79)	-0.32 (0.57)	1.18 (2.08)	-0.05 (1.53)
Cal_abajo	0.04 (1.08)	0.70 (1.06)	2.44 (3.09)	1.27 (1.97)
Constante	-2.36 ^{***} (0.91)	-3.19 ^{***} (0.84)		-6.51 ^{***} (2.12)

*** Significativo a un nivel de 0.01, ** Significativo a un nivel de 0.05, * Significativo a un nivel de 0.1